Teoria das cordas

Praciano-Pereira, Tarcisio *

5 de agosto de 2021
preprints da Sobral Matemática
no. 2021.07
Editor Tarcisio Praciano-Pereira
tarcisio@sobralmatematica.org

Resumo

A teoria das cordas apareceu na Física em 1919, citam alguns textos de físicos, mas foi Polyakov que em 1981 ressuscitou a teoria num artigo publicado na Physical letters. Eu não vou descrever a teoria em profundidade mas no formato de *divulgação científica* eu vou mostrar qual é a ideia central da teoria que os físicos consideram uma *teoria unificadora*.

palavras chave: geometria diferencial, teoria das cordas, teoria unificadora.

String theory come up so early as by 1019, as some physicists say, but is also said that it was Polyakov that bring it back in a paper written in 1981 at Physical letters. I am not going in deep into the theory in this paper which is in the class of *science popularization* but I am going to put in simple words what theory says and why turned into an *unifying theory* to the physicists.

keywords: differential geometry, string theory, unifying theory.

*tarcisio@sobralmatematica.org

1 As primeiras ideias

A *teoria das cordas* é uma teoria iniciada por volta de 1919 mas sem sucesso inicial e tornada à vida com os trabalhos do físico Polyakov em "Quantum geometry of bosonic strings,", Phys. Lett. B103, 207 (1981). A palavra chave, em inglês é *string theory* e eu posso fazer uma descrição relativamente simples do que a teoria significa mas com esta *simplificação* não vou poder descrever todo o impacto da teoria, mas posso dar-lhe uma ideia intuitiva sem precisar que você leia o artigo nada simples de Polyakov. Este meu artigo no máximo pode ser considerado como uma descrição amadora da teoria, mas vou arriscar-me a fazer este trabalho de amador, pela importância da teoria.

Vou basear a ideia na figura (fig 1), página 1, que eu criei com `gnuplot`.

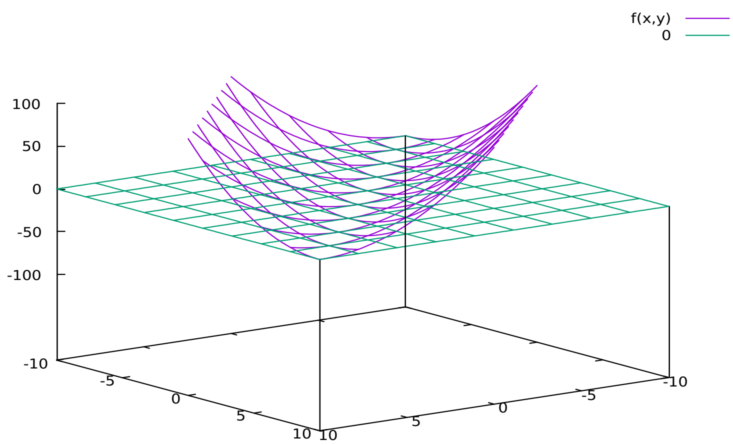

Figura 1: Cordas que fazem uma superfície

Os gráficos do `gnuplot` para superfícies podem ser muito melhores, mas é preciso usar uma série de parâmetros afim de conseguir eles sejam mais bonitos, entretanto é exatamente este gráfico feio que eu preciso para ilustrar a *teoria das cordas*.

A figura (fig 1) representa a superfície

$$f(x,y) = x^2 - 2xy + y^2 \tag{1}$$

e `gnuplot` usa uma técnica muito efetiva para produzir gráficos de variedades de dimensão dois imersas no espaço tridimensional, ele usa malhas muito parecidas com aqueles sacos de malhas de polietileno, em geral amarelos, que eram muito comuns para empacotar frutas e verduras, seguros, mas deixando passar o ar para evitar que as frutas ficassem abafadas numa sacola plástica completamente fechada. Eu reutilizei estes sacos em sala de aula para ilustrar superfícies e planos tangentes.

Mas tem um defeito que não consegui evitar, e deixe-me criticar a figura para explicar-lhe como eu gostaria que ela fosse. A figura tem duas superfícies, uma em vermelho que é o plano XOY e a figura que me interessa, em verde. Vou concentrar-me nesta segunda, na figura em verde. Ela é muito parecida com sacos de supermercado a que me referi acima e eles, os sacos de supermercado, tem dois pontos importantíssimos que os fazem muito úteis, inclusive para serem reutilizados em sala de aula:

1. é uma malha, tem os pontos de interseção que logo vou querer eliminar,

2. e é forte e flexível o suficiente para se possa modelar construindo superfícies diferentes.

A superfície, dos saquinhos, é formada por dois conjuntos de linhas que se cruzam em nós em que ficam presas. Quase que se pode dizer que são dois conjuntos de curvas paralelas. Se você aceitar esta ideia podemos corrigir a figura da forma que me interessa: elimine um dos conjuntos de linhas deixando o outro. Do ponto de vista do *supermercado* seria um desastre! Mas agora eu tenho a ideia duma *geratriz*, uma curva que se move gerando a superfície.

Esta era a superfície que eu queria mostrar. Uma superfície pode ser *gerada* por uma curva que se chama *geratriz*.

Por exemplo, um cone é gerado por uma reta que passa num ponto fixo, V, e da qual um outro ponto percorre uma curva fechada, gerando as duas folhas do cone que se conectam no ponto V. Esta seria a classe de figura que eu gostaria de usar aqui porque ela nos daria uma imagem mais exata da *teoria das cordas*, superfícies geradas por uma *geratriz*.

Então olhe para a figura (fig 1), elimine as *linhas* que cortam as outras deixando apenas uma parte das linhas. É exatamente o que acontece com cone, a reta se move no espaço usando a curva fechada como guia e se mantendo presa no ponto V. Não há linhas se entrecortando, apenas o deslocamento da geratriz no espaço gerando uma superfície.

Se você deslocar uma reta desta forma, usando como *curva guia* outra reta, o resultado vai ser um plano, a reta que se move irá encontrar a reta que passa no ponto V no infinito, e esta superfície vai conter duas retas paralelas e retas transversais a elas: tem que ser um plano.

A figura (fig 1) também pode ser gerada por "*alguma coisa*" se movendo, por *uma corda* se movendo, e foi para ver isto que lhe pedi que fizesse um esforço de imaginação e apagasse as linhas que estão cortando as outras deixando apenas aquelas que não se cortam, e há duas escolhas a serem feitas, decida qual é a sua.

É este o cenário em que vou descrever a *teoria das cordas* na próxima seção.

2 As cordas é que formam o espaço

A *teoria da relatividade*, dita de Einstein, que foi levantada por outros anteriores a ele, como Poincaré, pode ser descrita de forma simples, ou talvez *amadora* dizendo-se que todas as ondas gravitacionais no Universo são o meio de transmissão das demais ondas de força, eletromagnéticas, de luz ou simplesmente das partículas que trafegam no Universo. É isto que faz o Universo ser curvo! O problema é que as superfícies da teoria da relatividade não existem, o que existem são as linhas, as *cordas*, em que trafegam as partículas.

A busca central em todas as teorias se concentra na determinação de elementos mais simples, bloco geradores, com os quais possamos construir os demais objetos da teoria. As superfícies são geradas pelas linhas geratrizes, é este o princípio da *teoria das cordas*. A *teoria da relatividade* está baseada em superfícies, a *teoria das cordas* nas linhas que geram estas superfícies. Uma é uma *geometria diferencial de superfícies* a outra é a *geometria diferencial das geratrizes de superfícies*.

É este instrumento, a *geometria diferencial* que torna complicado entender estas duas teorias, e Einstein somente construiu a sua teoria porque ele era casado com uma *geômetra* que com toda certeza foi quem fez os cálculos que ele precisava, sem que ele lhe desse os créditos.

Aqui está o princípio unificador que se espera para a Teoria das Cordas, que entendendo como funcionam as *cordas* se possa explicar melhor todos os fenômenos físicos. As partículas, ou as ondas que trafegam no Universo o fazem ao longo das *cordas*, são estas *cordas* que *geram* as superfícies da *teoria da relatividade*.

Você pode melhorar a sua intuição refazendo a figura (fig 1), rodando `gnuplot`, trocando a equação de $z = f(x, y)$ que aparece no código

```
1) power(x,y) = x**y; ## apenas para redefinir a potência
2) f(x,y) = power(x,2) -2*x*y + power(y,2)
```

```
3) set xrange [-10:10]; set yrange [-10:10];set zrange [-100:100];
4) splot f(x,y),0
5) pause -2 'aperte enter para terminar' ##  produz uma paradinha
6) quit
```

Raspe o código e cole num terminal do `gnuplot`, que lhe vai permitir brincar com a figura, rodá-la para ver melhor as *cordas* que geram a superfície.

Eu coloquei números em cada uma das linhas do código do `gnuplot`, para fazer os comentários sobre o que elas fazem. Apague 1) 2) 3) 4) 5) 6) caso contrário vai dar erro.

1. Na primeira linha eu redefini a função $x**y$ do `gnuplot`, por $z = f(x,y) = power(x,y)$ que é minha preferência.

2. Na segunda linha defini a equação da superfície cujo gráfico aparece na figura (fig 1), página 1. Troque a expressão à direita por outra do seu interesse volte a rodar o código.

3. Na terceira linha eu estabeleci o espaço onde vai aparecer a superfície, primeiro no eixo OX, `set xrange [-10:10]`, e depois em OY e finalmente em OZ. Experimente com outros valores.

4. A quarta linha traz o comando do `gnuplot` para produzir o gráfico, o "0" é o plano XOY que é a superfície $z = 0$. Se você quiser, apague o zero para que apareça somente o gráfico de $z = f(x,y)$.

5. Na quarta linha está o comando -2 que diz ao `gnuplot` que espere o `enter` para continuar, seguido duma mensagem para que você, que está executando, saiba que é isto que ele está esperando. Se você apagar

   "aperte enter para terminar"

   ele vai ficar parado "silenciosamente".

6. Na última linha está o verbo inglês "cai fora", `quit`.

Em suma é isto a *teoria das cordas*. Mas para dominá-la você tem que aprender *geometria diferencial* e para dominar ainda melhor, *equações diferenciais parciais*. Alias, Física é *geometria diferencial* o que já inclui uma boa dose de *equações diferenciais parciais*.

Índice Remissivo

Referências

[1] Tarcisio Praciano-Pereira. *Cálculo Numérico Computacional*. Sobral Matematica, 2007.

[2] Thomas Williams, Colin Kelley, and many others. gnuplot, software to make graphics. Technical report, http://www.gnuplot.info, 2010.